Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

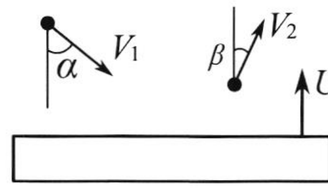
Класс 11

Вариант 11-03

Шифр

(заполняется секретарём)

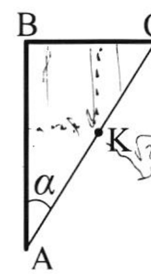
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 12 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{1}{2}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{3}\right)$ с вертикалью.



1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

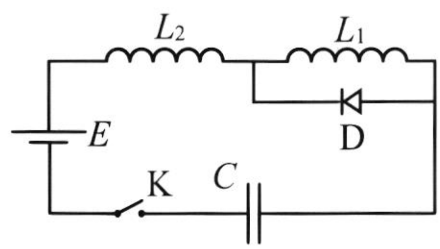
2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится водород, во втором – азот, каждый газ в количестве $\nu = 6/7$ моль. Начальная температура водорода T_1 = 350 К, а азота T_2 = 550 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$. R = 8,31 Дж/(моль·К).
1) Найти отношение начальных объемов водорода и азота.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал азот водороду?

3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.



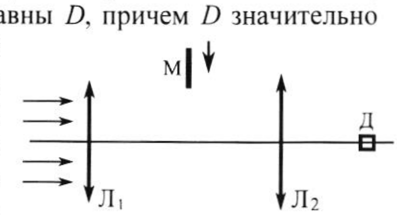
1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 3\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/5$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

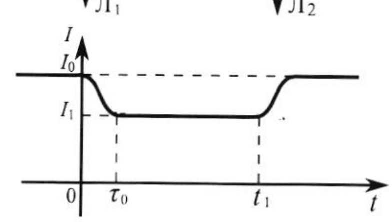
4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 4L$, $L_2 = 3L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.



1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусными расстояниями $3F_0$ и F_0, соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии F_0 от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 5I_0/9$.





1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.
Известными считать величины F_0, D, τ_0.

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1. Дано:

$v_1 = 12$ м/с

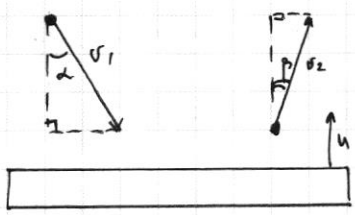
$\sin\alpha = \frac{1}{2}$

$\sin\beta = \frac{1}{3}$

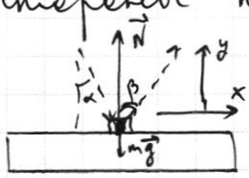
v_2 - ?

u - ?

Решение:



1) Рассмотрим момент удара, в момент соударения перпендикулярно поверхности плиты начинает действовать некоторая сила N реакции опоры со стороны плиты, которая влияет на поведение шарика



Тогда по з-ну изменения импульса для шарика

$\vec{p}_{кон} - \vec{p}_{нач} = \vec{N}_{ср}\cdot\Delta t$, ~~где~~ $+ m\vec{g}\,\Delta t$, где

Δt - время соударения, а $\vec{N}_{ср}$ - средняя по значению N за время Δt удара, тогда $\cancel{p_{кy}}$ $p_{конx} - p_{начx} = N_{ср\,x}\cdot\Delta t + mg_x\cdot\Delta t$

$\Rightarrow p_{конx} - p_{начx} = 0 \Rightarrow p_{конx} = p_{начx}$;

2) $p_{нач.x} = m v_1 \cdot \sin\alpha$

$p_{кон.x} = m v_2 \cdot \sin\beta$, где m - масса шарика.

$m v_1 \cdot \sin\alpha = m v_2 \cdot \sin\beta$; $v_1 \cdot \sin\alpha = v_2 \cdot \sin\beta$; $v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta} =$

$= \frac{12\cdot\frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 18$ м/с

3) По з-ну об изменении кинетической энергии для мячика

$E_{кон} - E_{нач} = A_{неконс}$

Т.к. мы рассматриваем поведение шарика в моменты, предельно близкие к удару, то ~~сильная~~ можно считать, что $E_{п\,кон} = E_{п\,нач} = 0$, т.к. высота шарика ~~н~~ над плитой $\rightarrow 0$.

$E_{кон} = E_{кин\,кон} = \frac{m v_2^2}{2}$; ~~$E_{кин\,нач}$~~ $E_{нач} = E_{кин\,нач} = \frac{m v_1^2}{2}$

Учитывая сказанное ранее и $A_{тяж} = 0$ => . т.к. сил неконсервативных сил, кроме N на мячик не действует, то

$A_{неконс} = A_N$. => $\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = A_N$

По ЗСИ (ранее) : $\vec{p_{кон}} - \vec{p_{нач}} = \vec{N}_{ср} \cdot \Delta t + m\vec{g}\Delta t$, считая $\Delta t \to 0$,

примем $m\vec{g}\Delta t \to 0$, тогда $\vec{p_{кон}} - \vec{p_{нач}} = \vec{N_{ср}} \cdot \Delta t$.

4) Разобьём промежуток Δt на беск./много промеж. Δt_i, тогда в течение Δt_i можно считать $N = const$, равной N_i, тогда

$\vec{N_{ср}} \cdot \Delta t$ в пр. на Оу ~~А~~ $\Delta p_y = \sum_i N_i \cdot \Delta t_i$

$A_N = \sum_i N_i \cdot S_i'$; $S_i' = u \cdot \Delta t_i$, т.к. плита движется с $u = const$ => $A_N = \sum_i N_i \cdot S_i' = \sum_i N_i \cdot \Delta t_i \cdot u = u \cdot \sum_i N_i \cdot \Delta t_i = u \cdot \Delta p_y$ => $\Delta p_y = \frac{A_N}{u}$ =>

$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = A_N$ и По ЗСИ на Оу: $p_{кон} - p_{нач} = \Delta p_y$

$v_2^2 - v_1^2 = \frac{2A_N}{m}$

$mv_2 \cdot \cos\beta - (-v_1 \cos\alpha) = \Delta p_y$

$v_2 \cos\beta + v_1 \cos\alpha = \frac{A_N}{m \cdot u}$ =>

~~$v_2^2 - v_1^2 = 2$~~

$u(v_2 \cos\beta + v_1 \cos\alpha) = \frac{A_N}{m}$

$v_2^2 - v_1^2 = 2u(v_2 \cos\beta + v_1 \cos\alpha)$; $u = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2v_2 \cos\beta + 2v_1 \cos\alpha}$

Однако, т.к. удар неупругий, то может выделяться тепло =>

$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} + Q = A_N$

~~$v_2^2 - v_1^2 =$~~ $v_2^2 - v_1^2 + \frac{2Q}{m} = \frac{2A_N}{m}$ => $2u(v_2 \cos\beta + v_1 \cos\alpha) = v_2^2 - v_1^2 + \frac{2Q}{m}$, $u = \frac{v_2^2 - v_1^2 + \frac{2Q}{m}}{2v_2 \cos\beta + 2v_1 \cos\alpha}$, что увеличивает допустимую u, но u не больше, чем проекция v_2 на вертик. ось, иначе шарик должен был бы проскочить сквозь плиту =>

$u \in \left[\frac{v_2^2 - v_1^2}{v_2 \cos\beta + v_1 \cos\alpha} ; v_2 \cos\beta\right]$.

$\cos\beta = \sqrt{1 - \sin^2\beta} = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$;

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_2\cos\beta = 18\cdot\frac{2}{3}\sqrt{2} = 12\sqrt{2}$ м/с

$v_2^2 - v_1^2 = (v_1+v_2)(v_2-v_1) = (18-12)(18+12) = 6\cdot 30 = 180$ м²/с²

$v_2\cos\beta + v_1\sin\alpha = 18\cdot\frac{2}{3}\sqrt{2} + 12\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = 12\sqrt{2} + 6\sqrt{3}$ м/с

$$\frac{v_2^2-v_1^2}{v_2\cos\beta+v_1\cos\alpha} = \frac{180}{12\sqrt{2}+6\sqrt{3}} = \frac{30}{2\sqrt{2}+\sqrt{3}} = \frac{30(2\sqrt{2}-\sqrt{3})}{8-3} =$$

$$= 6(2\sqrt{2}-\sqrt{3}) = 12\sqrt{2}-6\sqrt{3}$$

Ответ: 1) $v_2 = 18$ м/с ; 2) $u \in [12\sqrt{2}-6\sqrt{3}$ м/с ; $12\sqrt{2}$ м/с$]$

№2. Дано:

H_2; N_2; $\nu = 6/7$ моль

$T_1 = 350$ K

$T_2 = 550$ K

$c_V = \frac{5}{2}R$

$R = 8{,}31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$

1) $\frac{V_1}{V_2}$ – ?

2) T – ?

3) Q – ?

Решение:

$p_1; V_1; T_1$ H_2	$p_2; V_2; T_2$ N_2

1) Т.к. сосуды соединены поршнем перемещающимся без трения, то можно считать, что давление в обоих его частях всегда одинаково, в противном случае перегородка бы просто сдвинулась в сторону меньшего давления и p в частях уравновесилось $\Rightarrow p_1 = p_2$

2) По з-ну Менделеева-Клапейрона:

$pV = \nu RT \Rightarrow p_1V_1 = \nu_1 R\cdot T_1$; $p_2\cdot V_2 = \nu_2 R T_2$

$p_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1}$; $p_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2}$; $p_1 = p_2 \Rightarrow$

$\frac{\nu_1 R T_1}{V_1} = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2}$; ~~...~~ $\nu_1 = \nu_2 = \nu$ по усл $\Rightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$;

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{350}{550} = \frac{7}{11}$

2) Для теплообмена газов справедливо

$Q = A_г + \Delta U \Rightarrow Q_1 = A_{г1} + \Delta U_1$; $Q_2 = A_{г2} + \Delta U_2$

Т.к. сосуд теплоизолирован, то $|Q_1| = |Q_2|$ и

$Q_1 = -Q_2 \Rightarrow Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow A_{г_1} + A_{г_2} + \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$

$\ominus$ $A_{г_1} = \int\limits_{V_1}^{V_1'} p_1(V)\,dV$, где V_1' – конечное давление H_2

$A_{г_2} = \int\limits_{V_2}^{V_2'} p_2(V)\,dV$, где V_2' – конечное давление N_2

В любой момент по п.1 $p_1 = p_2$, при этом если H_2 увеличивается на ΔV, то N_2 уменьшается на ΔV, т.к. $V_{сосуда} = const$

$\Rightarrow$ Разбив ~~сжатие~~ процесс на б/м много отрезков, где $p_{1i} = p_{2i} = const$ (можно считать на $\Delta V_i \to 0$ $p_{1i} = p_{2i} = const$), тогда

$A_{г_1} = \sum\limits_i p_1 \Delta V_i$, а $A_{г_2} = -\sum\limits_i p_2 \Delta V_i$, $\Rightarrow$ т.к. $p_{2i} = p_{1i}$, то

$A_{г_1} = -A_{г_2}$, где у $г$ знак минус, т.к. он сжимается $\Rightarrow$

$A_{г_2} < 0 \Rightarrow A_{г_1} + A_{г_2} = 0 \Rightarrow \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0 \Rightarrow$

$\Delta U_1 = \frac{5}{2}\nu_1 R(T - T_1)$; $\Delta U_2 = \frac{5}{2}\nu_2 R(T - T_2) \Rightarrow$

$\frac{5}{2}\nu_1 R (T - T_1) + \frac{5}{2}\nu_2 R(T - T_2) = 0$

$\frac{5}{2} R\nu (T - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T - T_2) = 0 \Rightarrow$

$\frac{5}{2}\nu R(T - T_1 + T - T_2) = 0 \Rightarrow 2T - T_1 - T_2 = 0 \rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} =$

$= \frac{350 + 550}{2} = 450 K$.

3) Заметим, что т.к. данное вар-ие ~~спра~~ из п.2 справедливо в любой момент, даже для неустановившейся температуры, то $\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0 \Rightarrow \Delta U_1 = \frac{5}{2}\nu_1 R(T_1' - T_1) = \frac{5}{2}\nu R \Delta T_1$

$\Delta U_2 = \frac{5}{2}\nu_2 R(T_2' - T_2) = \frac{5}{2}\nu R \Delta T_2 \Rightarrow \frac{5}{2}\nu R \Delta T_1 + \frac{5}{2}\nu R\Delta T_2 = 0 \Rightarrow$

$\Delta T_1 + \Delta T_2 = 0$; $\Delta T_2 = -\Delta T_1 \Rightarrow$ в любой момент времени температура газов отличается от начальных значений на одинаковые величины. Рассмотрим момент, когда обе температуры изменятся на ΔT, пусть в этот момент установится давление p, а V_1' и V_2' – занимаемые H_2 и N_2 объёмы

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_1' \cdot p = \nu_1 R(T_1+\Delta T)$; $V_1' = \frac{\nu_1 R(T_1+\Delta T)}{p} = \frac{\nu R(T_1+\Delta T)}{p}$

$V_2' \cdot p = \nu_2 R(T_2-\Delta T)$; $V_2' = \frac{\nu_2 R(T_2-\Delta T)}{p} = \frac{\nu R(T_2-\Delta T)}{p}$

$V = V_1' + V_2'$, т.к. объём всего сосуда не изменен $\Rightarrow$

$V_1' + V_2' = \frac{\nu R(T_1+\Delta T)}{p} + \frac{\nu R(T_2-\Delta T)}{p} = \frac{\nu R(T_1-\Delta T+T_2+\Delta T)}{p} = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{p} = V$; $p = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{V}$

В начале при $p=p_0$; $V_1 = \frac{\nu R T_1}{p_0}$; $V_2 = \frac{\nu R T_2}{p_0} \Rightarrow$,

$V = V_1 + V_2 = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{p_0} \Rightarrow p_0 = \frac{\nu R(T_1+T_2)}{\cancel{p_0} V} \Rightarrow p = p_0 \Rightarrow$ давление не зависит от T и остаётся константой в процессе $\Rightarrow$

$Q_{N_2} = A_{2} + \Delta U_2$; $A_{2} = p_0 \cdot \Delta V = p(V_2' - V_2)$ ~~$+\frac{5}{2}\nu R(T_2'-T_2)$~~

$\Delta U_2 = \frac{5}{2}\nu R(T_2'-T_2) = \frac{5}{2}\nu R(T-T_2)$

T_2' – температура в конце V_2' – объём, но $T_2' = T \Rightarrow$

~~A~~ $Q_2 = pV_2' - pV_2 + \frac{5}{2}\nu R(T_2'-T_2) = \nu R T_2' - \nu R T_2 +$

$+\frac{5}{2}\nu R(T_2'-T_2) = \frac{7}{2}\nu R(T_2'-T_2) = \frac{7}{2}\nu R(T-T_2) =$

$= \frac{7}{2} \cdot \frac{6}{7} \cdot 8{,}31 \cdot (450 - 550) = 3 \cdot 8{,}31 \cdot (-100) = -831 \cdot 3 =$

$= -2491$ Дж ; $Q_2 < 0$, т.к. N_2 отдаёт тепло $\Rightarrow$ всего отдано

$Q = |Q_2| = 2491$ Дж.

Ответ: а) $\frac{7}{11}$; б) $450°K$; в) 2491 Дж.

15. Дано:

$3F_0$; F_0; $2F_0$;

r_0; D; ~~$\frac{I_1}{I_0}$~~

$I_1 = \frac{5}{9} I_0$

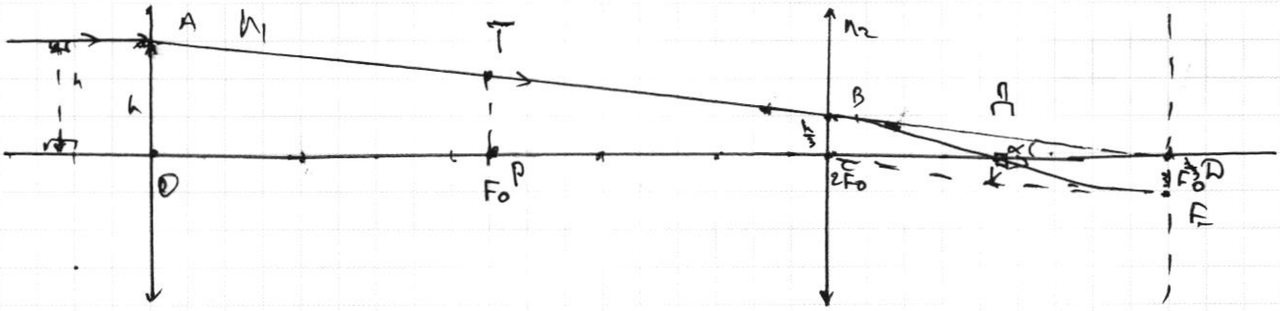
а) $f(Л_2; Д)$ – ?

б) v – ?

в) t_1 – ?

Решение:

1) Чтобы определить $f(Л_2; Д)$ рассмотрим ход лучей в системе без мишени М. Рассчитаем ход луча, падающего на расстоянии h от главной оптической оси всей системы. Т.к. линза $Л_1$ – собир., то все лучи || гл.опт.оси проходят



⇒ через её фокус $3F_0$, находящейся на $3F_0$ от плоскости линзы; α – угол преломлённого луча через Л1 и гл. оптич. оси.

$tg\,\alpha = \frac{AO}{OD} = \frac{h}{3F_0}$

$tg\,\alpha = \frac{BC}{CD} \Rightarrow BC = tg\,\alpha \cdot F_0 = \frac{h}{3}$

Пользуясь построением луча не $\parallel$ гл. оптич. оси пр. $CE \parallel BD$; $\angle DCE = \angle BDC$ как н/л $\Rightarrow \angle DCE = \alpha \Rightarrow$

$DE = CD \cdot tg\,\alpha = F_0 \cdot \frac{h}{3F_0} = \frac{h}{3} \Rightarrow$ BE – прямая, содержащая луч, преломлённый через Л2; $BDEC$ – параллелограмм по определению $\Rightarrow$ $BE \cap CD =$ т. K, где K – сер. $ED \Rightarrow$ т.к. детектор лежит на гл. оптической оси и лучи через Л2 проходят через т. K независимо от значения h, то Д – в т. K. $\Rightarrow \ell(Л_2; Д) = CK = \frac{CD}{2} = \frac{F_0}{2}$

г) Отметим, что пучок света будет в пространстве образовывать цилиндр, а значит его сечение в ~~перпенд. плоск.~~ плоск. $\perp$ его оси – это круг;

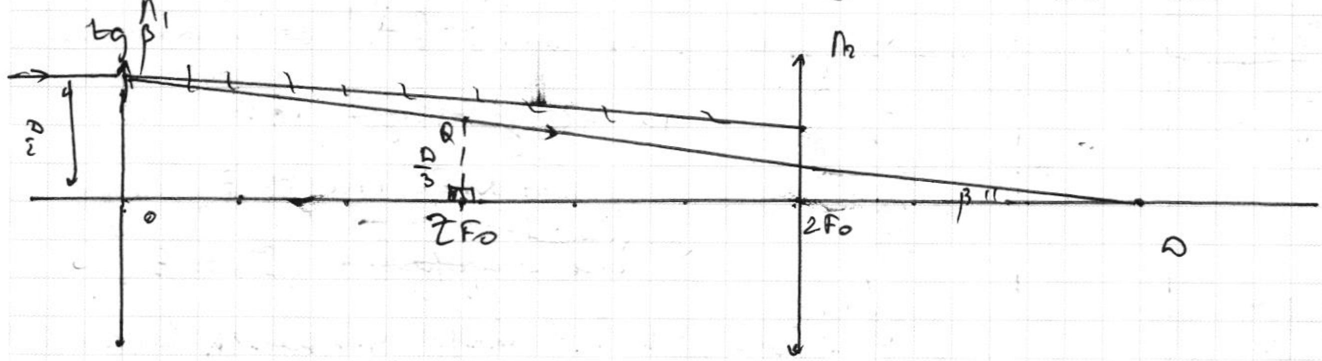
$I_1 = I_0 \cdot \frac{5}{9} \Rightarrow \frac{I_1}{I_0} = \frac{5}{9}$; $\frac{N_1}{N_0} = \frac{5}{9} = \frac{I_1}{I_0}$; мишень М, двигаясь закрывает некоторую часть того круга, который свет составляет в сечении потока в ~~точке~~ на расстоянии F_0 от Л1 $\Rightarrow \frac{N_1}{N_0} = \frac{S_{незакр.потока}}{S_{потока}} \Rightarrow$ когда круг М полностью лежит внутри круга пучка света $I_1 = I$ $I = I_1$ и $\frac{N_1}{N_0} = \frac{S_{потока} - S_M}{S_{потока}}$. Действительно,

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

если M не полностью входит в ~~пр~~ сечении светового потока при $I=I_1$, то т.к. он двигается, то меняется $\frac{N_ф}{\Delta t}$ $\Rightarrow$ I, но $I=I_1$ в этот момент $\Rightarrow$

$$\frac{5}{9} = \frac{S_{потока} - S'_M}{S_{потока}} = 1 - \frac{S'_M}{S_{потока}}.$$

Рассмотрим крайний луч от центра луч (луч света, проходящий на расстоянии $\frac{D}{2}$ от центра $Л_1$), от его $h = \frac{D}{2} \Rightarrow$ ~~$tg\beta = ч$~~ β - угол между ним после преломления и главной оптической осью, тогда $tg\beta = \frac{\frac{D}{2}}{3F_0} = \frac{D}{6F_0}$



$$tg\beta = \frac{D}{6F_0} = \frac{QZ}{ZD} = \frac{QZ}{2F_0} \Rightarrow QZ = \frac{D}{6F_0} \cdot 2F_0 = \frac{D}{3} \Rightarrow$$

$R_{потока} = \frac{D}{3}$; $S_{потока} = \pi R^2_{потока}$
r – радиус мишени $S'_M = \pi r^2$ $\Bigg\} \Rightarrow$

$$\frac{5}{9} = 1 - \frac{\pi r^2}{\pi R^2_{потока}};\quad \frac{r^2}{R^2_{потока}} = \frac{4}{9};\quad \frac{r}{R_{потока}} = \frac{2}{3};\quad r = \frac{2}{3} R_{потока} = \frac{2}{3}\cdot\frac{D}{3} = \frac{2D}{9}$$

3) $I = I_1$ и не меняется, пока круг M полностью находится внутри светового потока в момент же с 0 по τ_0 его движение ему площадь меняется $\Rightarrow$ в $t=0$ он начинает

входить в сечение потока и в τ_0 полностью попадает на его площадь => за τ_0 он проходит свой $d = 2r = \frac{4}{9}D$, т.е. пока его верхняя точка мишени не попадёт в круг => $v \cdot \tau_0 = 2r = \frac{4}{9}D$; $v = \frac{4D}{9\tau_0}$. В момент t_1 его нижняя точка мишени касается нижней точки сечения потока и заполненная мишенью плоскость начинает уменьшаться, в t_0 нижняя точка мишени только начинает касаться верхней точке сечения => за t_1 верхняя точка проходит $D_{потока} = 2R_{потока} = \frac{2}{3}D$ =>

$$v \cdot t_1 = \frac{2}{3}D; \quad t_1 = \frac{\frac{2}{3}D}{v} = \frac{\frac{2}{3}D}{\frac{4D}{9\tau_0}} = \frac{2}{3 \cdot 4} \cdot 9\tau_0 = 1{,}5\tau_0$$

Ответ: 1) $\frac{F_0}{2}$; 2) $\frac{4D}{9\tau_0}$; 3) $1{,}5\tau_0$

№3. Дано:

$AB \perp BC$

1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$\frac{E_1}{E_0}$ – ?

2) $\sigma_1 = 3\sigma$

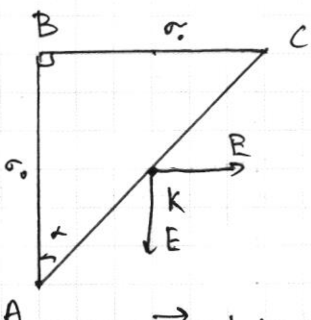
$\sigma_2 = \sigma$

$\alpha = \frac{\pi}{5}$

E_2 – ?

Решение:

1)



1) Пусть в т. K от пластины BC ~~действует~~ есть напряжённость E, тогда ~~она направлена~~ $E_0 = E$, и $\vec{E} \perp BC$, т.к. $\vec{E}$ – напряжённость, возникающая бесконечной заряженной пластиной через BC

2) Тогда если зарядить AB зарядом с такой же поверхностной плотностью σ_0, то от плоскости, содержащей отрезок AB будет действовать такая же напряжённость E, т.к. т. K равноудалена от плоскостей пластин, т.к. $\triangle ABC$ – р/б прямоугольный, а K – середина AC – гипотенузы => ~~E_1 =~~ $\vec{E_1}$ суммарная напряжённость в силу принципа суперпозиции полей равна векторной сумме напряжённостей обеих пластин, т.к. пластины перпендикулярны, то

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

перпендикулярны и создают поля напряжённости $\Rightarrow$

$E_1 = \sqrt{E^2 + E^2} = E\sqrt{2} \Rightarrow \frac{E_1}{E_0} = \frac{E\sqrt{2}}{E} = \sqrt{2}$.

2) Отметим, что напряжённость поля, создаваемого бесконечной плоскостью с поверхностным зарядом σ равна $E = 2k\sigma$ и направлено перпендикулярно плоскости пластины, тогда $\vec{E_2} = \vec{E_\alpha} + \vec{E_\beta}$, где E_α — поверхностной ~~плотность~~ заряда пластины AB, а E_β — поверхностный заряд пластины BC

$\vec{E_\alpha} \perp \vec{E_\beta}$, т.к. $\vec{AB} \perp \vec{BC}$, а вектора напряжённостей нормальны к порождающим их поверхностям, то

$\cancel{E_\alpha}$ $E = \sqrt{E_\alpha^2 + E_\beta^2}$

$E_\alpha = 2k\sigma_2$; $E_\beta = 2k\sigma_1$ $\Big\}$ $E = \sqrt{(2k\sigma_2)^2 + (2k\sigma_1)^2} =$

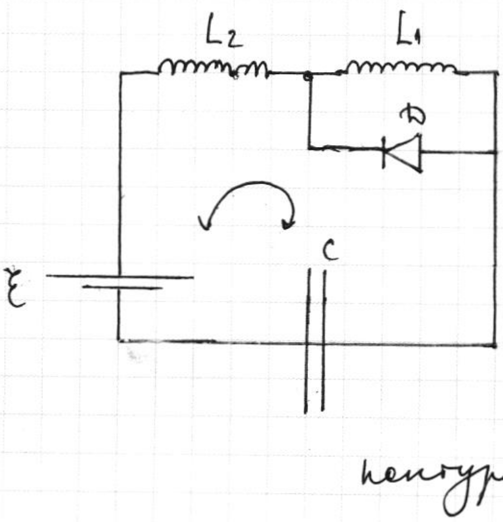
$= 2k\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = 2k\sqrt{9\sigma^2 + \sigma^2} = 2k\sigma\sqrt{10} = 2\sqrt{10}k\sigma$

Ответ: 1) $\sqrt{2}$; 2) $2\sqrt{10}\,k\sigma$

4. Дано:
$L_1 = 4L$
$L_2 = 3L$
C; $\mathcal{E}$

1) T — ?
2) I_{m_1} — ?
3) I_{m_2} — ?

Решение:



1) Заметим, что колебания в контуре представляют из себя композицию колебаний по и против часовой стрелки внутри контура; по часовой ток течёт

через катушки L_1 и L_2, тогда как против часовой минует L_1 через диод D, т.к. его концы оказываются соединены диодом, падение потенциалов, на котором равно 0, т.к. он идеальный ⇒ колебание против часовой стрелки только на диоде L_2 ⇒ $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{T}$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$, T_1 – время колеб. по часовой

$$T_1 = 2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C} = 2\pi\sqrt{7LC}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{L_2C} = 2\pi\sqrt{3LC}$$

$$T = \pi\sqrt{7LC} + \pi\sqrt{3LC} = \pi\cancel{(\sqrt{7LC}}\ \pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{7}+\sqrt{3}\right)$$

2) В момент, когда $I = 0$ падение напряжение обеспечивается конденсатором ⇒ $E_{конд} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$; ~~По часов~~ против часовой стрелки $E_{L_2} = E_{конд} = \frac{LI_{2m}^2}{2}$ ⇒

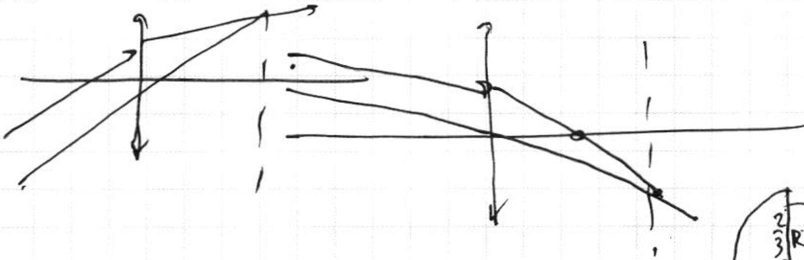
$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_2 I_{2m}^2}{2}$; $I_{2m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$, ~~в си~~ $=$ ~~$\mathcal{E}\sqrt{\ }$~~ $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

$I_{2m} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

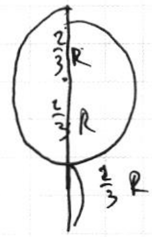
Если по часовой стрелке, то ~~$E_{конд} = \dots$~~ $I_{1m} = I$ через схему ⇒ $R = \cancel{\sqrt{\frac{C}{L_1^2}}}$ $\sqrt{\frac{L_1^2}{C^2} + \frac{L_2^2}{C^2}} = \sqrt{\frac{(3L)^2}{C^2} + \frac{(4L)^2}{C^2}} = \sqrt{\frac{25L^2}{C^2}} = \frac{5L}{C}$

⇒ $I_{1m} \cdot R = \mathcal{E}$; $I_{1m} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{5L}{C}} = \frac{C\mathcal{E}}{5L}$.

Ответ: 1) $\pi\sqrt{LC}\left(\sqrt{7}+\sqrt{3}\right)$; 2) $\frac{C\mathcal{E}}{5L}$; 3) $\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$



$\frac{2D}{3} - \frac{4D}{9} = \frac{2D}{9}$; $\frac{\frac{4D}{9}}{\frac{2D}{9}}$

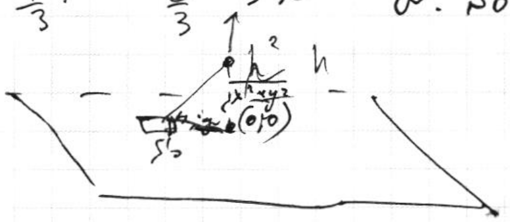


$\frac{2D}{9}$ $\frac{2}{3} \cdot D$

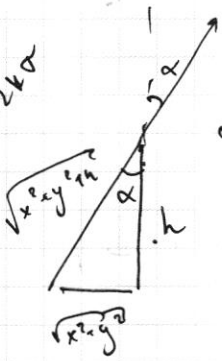
$\frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} D$

$\frac{\frac{2}{9}D}{D}$

$\tau_0 \cdot v = \frac{4}{9} D$ $\quad \frac{4}{3} \cdot \quad \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3} D \quad \sigma \cdot S_0'$



$2\pi k\sigma \quad 2k\sigma$

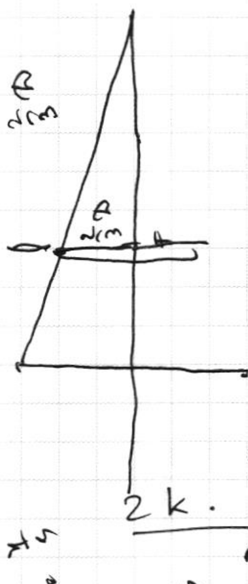


$\cos\alpha = \frac{h}{\sqrt{x^2+y^2+h^2}}$ $\quad \frac{k \cdot \sigma \cdot S_0'}{x^2+y^2+h^2} \cdot \frac{h}{\sqrt{x^2+y^2+h^2}}$

$\frac{k \cdot \sigma \cdot S_0' \cdot h}{(x^2+y^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}$ $\quad E \cdot \cancel{q} = F = \frac{k q \cdot q_1}{r^2}$

$E = \frac{k q_1}{r^2}$

$k\sigma \cdot S_0' \cdot h \cdot \sum \frac{1}{(x^2+y^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}$



$k\sigma \cdot S_0' h \cdot \sum \frac{1}{(r^2+h^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{k\sigma \cdot S_0' h}{2 r^3 h^3}$

$(a^2+b^2)^{\frac{3}{2}}$ $\quad \sqrt{r^6 + h^6 + 3r^4h^2 + 3r^2h^4}$

$\frac{2k\sigma}{r^2} = \frac{2k\sigma}{r^2} \cdot \quad 2k\sigma.$

$\frac{2k \cdot \sigma \cdot S'}{r^2}$ $\quad 2k\sigma.$

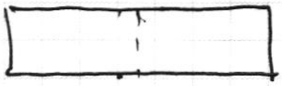
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



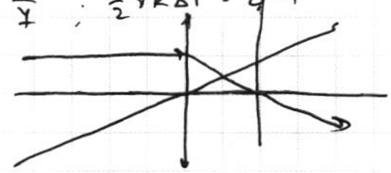
$p \cdot V = \nu RT$

$p_1 \cdot V_1 = \nu_1 RT_1$; $p_1 = \frac{\nu_1 RT_1}{V_1}$ $\frac{\nu_1 RT_1}{V_1} = \frac{\nu_2 RT_2}{V_2}$; $\nu_1 = \nu_2 \Rightarrow$

$p_2 \cdot V_2 = \nu_1 RT_2$; $p_2 = \frac{\nu_2 RT_2}{V_2}$

$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$; $\frac{350}{V_1} = \frac{550}{V_2}$; $\frac{V_2}{V_1} = \frac{55}{35} = \frac{11}{7}$; $\frac{3}{2}\nu R\Delta T = \Delta U$

$Q_1 =$ $\frac{5}{2}\nu R(\cancel{T - T_1}) + \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T) = 0$ ($T_1 - T$)



$T_2 + T_1 - 2T = 0$, $T = \frac{T_1 + T_2}{2}$

$Q = -A_2 + \Delta U$

$F \cdot \Delta t \cdot v$

$p \cdot V = \nu RT$

$A_2 = p$

① $v_1 \cdot \sin\alpha = v_2 \cdot \sin\beta$; $v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{12 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{1}{3}} = 18$ м/с

$-\frac{mv_1^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = A_{\text{плоск}} = A_N$

$A_N = \int N(x)dx = \cancel{m}v_1 \cdot \cos\alpha + \cancel{m}v_2\cos\beta = \frac{A_N}{u}$

$v_2^2 - v_1^2 = \frac{2A_N}{m}$ $u = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(v_1\cos\alpha + v_2\cos\beta)}$

$2u(v_1 \cdot \cos\alpha + v_2\cos\beta) = \frac{2A_N}{m}$

$4 \cdot 88 + 101 = \frac{396}{180}$

$p \cdot V = \nu RT$

$p' \cdot V' = \nu RT'$ ΔT

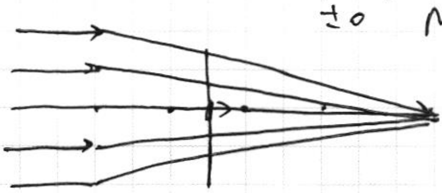
$V_1 = \frac{\nu R(T_1 + \Delta T)}{p(T)}$

$p_1 V_1 = \nu R$

$V_2 = \frac{\nu R(T_2 - \Delta T)}{p(T)}$

$\frac{t_1}{t_0} = \frac{N_1}{N_0} = \frac{S_1}{S_0} = \frac{5}{9}$

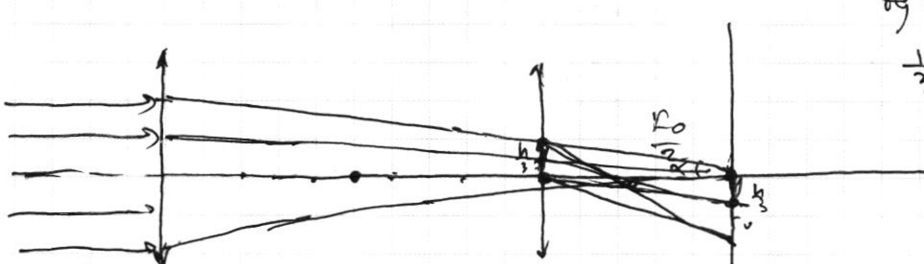
$V = V_1 + V_2 = \frac{\nu R(T_1 + T_2)}{p} = \frac{\nu R \cdot T}{p}$



$p = \frac{\nu RT}{V}$

$tg\,\alpha = \frac{h}{3F}$

$\frac{1}{3}h$



☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)